

HET IN KAART BRENGEN VAN BLUETONGUE: EEN OPKOMENDE ZIEKTE IN EUROPA

Mapping of Bluetongue: an emerging disease in Europe

E. Ducheyne¹, G. Hendrickx², R. De Deken¹

1 Department of Animal Health, Prince Leopold Institute of Tropical Medicine
Nationalestraat 155, B-2000 Antwerpen, Belgium

2 Avia-GIS - Agriculture and Veterinary Intelligence and Analysis,
Risschotlei 33, B-2930 Zoersel, Belgium
Els.ducheyne@pandora.be

SAMENVATTING

Bluetongue is een opkomende vectorovergedragen ziekte binnen Europa. De ernst van deze ziekte wordt benadrukt door het feit dat ze vermeld staat op de lijst A van Office International des Epizooties. De uitbreiding van het gebied waar de vector zich ophoudt, namelijk noordwaarts in Europa en zuidwaarts in Australië, brengt een hoge mortaliteit bij schapen met zich mee in deze belangrijke economische polen van de schapenteelt. In dit overzicht worden zowel de ziekte als de vectoren toegelicht. Verder worden de verschillende technieken beschreven die gebruikt worden om de vectordistributie in kaart te brengen. Het gebruik van afgeleide gegevens uit satellietbeelden is hierbij van groot belang. In een laatste deel worden enkele toekomstgerichte onderzoeklijnen weergegeven.

ABSTRACT

Bluetongue is an emerging disease in Europe. The impact of this disease is shown by the fact that it is listed on the list-A-diseases by the Office International des Epizootie. The spread of the vector northwards in Europe and southwards in Australia causes high mortality in the sheep industry. In this review the disease and its vectors are characterised. In a second part the different techniques used to map the vector distribution are listed. Data derived from satellites are of major importance in this mapping process. In a final section recommendations for future research are given.

DE ZIEKTE EN DE VECTOR

De ziekte

Bluetongue is één van de 15 ziekten die vermeld staan op de lijst A van Office International des Epizooties (OIE). De definitie van een dergelijke ziekte is (Office International des Epizooties, 2003): "Overdraagbare ziektes, die het potentieel bezitten om zich snel en tot ver over de nationale grenzen te verspreiden, die zware gevolgen kunnen hebben op het vlak van de socio-economie of volksgezondheid en van groot belang zijn voor de internationale handel van dieren en dierlijke producten."

Als een ziekte vermeld op de lijst A uitbreekt, dan moet het land in kwestie het OIE onmiddellijk verwittigen en worden geschikte controlemaatregelen uit-

gevaardigd. Wereldwijd wordt geschat dat de verliezen veroorzaakt door Bluetongue tot 3 miljard dollar/jaar oplopen (Tabachnick *et al.*, 1996).

Bluetongue wordt veroorzaakt door het Bluetongue virus (BTV), van het genus Orbivirus, Reoviridae. Er zijn 24 serotypen van het virus bekend over de wereld (Mellor *et al.*, 2000). Zowel wilde als gedomesticeerde herkauwers zijn vatbaar voor de ziekte. Rundvee vertoont geen symptomen maar het speelt een sleutelrol als reservoir van het virus. Schapen zijn de meest gevoelige diersoort. De klinische symptomen zijn onder andere koorts, bloedingen in keel- en neusholte en de longen, overdreven speekselproductie, ontsteking aan de hoeven en laminitis en zeer zeldzaam een blauwe tong (cyanosis). De ziekte-incidentie wordt vooral bepaald door de aanwezigheid van

geschikte gastheren en een voldoende aantal geschikte vectoren, die de ziekte overdragen. De mortaliteit bij schapen is zeer hoog en kan oplopen tot 75% in gebieden waar het virus slechts occasioneel voorkomt en waar de schapen niet gevaccineerd werden.

De vector

Bluetongue is een ziekte die niet rechtstreeks van gastheer tot gastheer wordt overgedragen maar enkel wordt overgedragen door vrouwelijke, bloedzuigende *Culicoides* muggen. *Culicoides* vormen een zeer uitgebreide familie (tot 1400 verschillende soorten). Niet alle soorten *Culicoides* muggen zijn geschikte vectoren van het Bluetongue virus. De historische grenzen van de potentiële vectoren gaan van 35° zuidbreedte tot 40° noorderbreedte. Binnen dit areaal komen de verschillende soorten plaatselijk voor.

In Europa en Afrika wordt tot nog toe aangenomen dat de hoofdvector van BTV *C. imicola* Kieffer is (Mellor *et al.*, 2000). Deze vector draagt naast het BTV ook het Akabane virus en de Afrikaanse paardenziekte over. In Australië zijn *C. actoni*, *C. wadai*, *C. fulvus* de meest efficiënte vectoren, maar omdat het verspreidingsgebied van *C. brevitarsis* uitgebreider is, wordt deze vector hier als de hoofdvector beschouwd. In Noord-Amerika maken alle *Culicoides* soorten die de ziekte overdragen, deel uit van het *C. sonorensis* complex (vroeger *C. variipensis* complex).

De virustransmissiecyclus kan als volgt worden beschreven. Een vrouwelijke mug zuigt besmet bloed op van een viremische gastheer, waarna het virus verschillende stadia van vermeerdering ondergaat. Er wordt aangenomen dat de maximumduur van viremie in de gastheer oploopt tot 50 dagen bij schapen (Koumbati *et al.*, 1999; Bonneau *et al.*, 2002) en van 60 tot 100 dagen bij rundvee (Tessaro en Clavijo, 2001; Bonneau *et al.*, 2002). Uiteindelijk infecteert het virus de speekselklieren van de mug waarna ze BTV overdraagt op niet-besmette gastheren. Het virus wordt niet transovarieel bij de gastheer doorgegeven. De vectoriële capaciteit van de vector is eerder laag, waardoor hij in grote getallen aanwezig moet zijn om een uitbraak te veroorzaken.

De onvolwassen stadia van de vector hebben een minimum hoeveelheid vochtigheid nodig om zich te kunnen ontwikkelen. De *Culicoides* soorten hebben zich aan verschillende habitats aangepast om aan dit criterium te voldoen (Ward *et al.*, 1994). *C. imicola* verkiest bijvoorbeeld slijk dat verrijkt is met verse of gecomposteerde mest (Mellor en Wittmann, 2002) als broedplaats, waardoor deze vector zeer talrijk kan

voorkomen rond boerderijen. De densiteit van de soort vermindert sterk met de afstand tot de boerderijen (Mellor en Wittmann, 2002). In het algemeen vertonen *Culicoides* de hoogste activiteit rond zonsopgang en zonsondergang.

De vliegradius van de *Culicoides* is doorgaans beperkt maar kan sterk worden uitgebreid door wind (Sellers, 1992; Murray en Kirkland, 1995; Braverman en Chechik, 1996; Braverman *et al.*, 1996; Baylis *et al.*, 1998; Bishop *et al.*, 2000; Wittmann *et al.*, 2001). Sellers (1992) onderscheidt bij *Culicoides* twee mogelijkheden tot verspreiding: bij geen wind of bij lage windsnelheid kunnen *Culicoides* in alle richtingen korte afstanden vliegen (ook tegenwind). Bij hogere windsnelheden worden de muggen meegevoerd met de wind en dit over afstanden gaande van een tiental tot meerdere honderden kilometer. Volgens Murray (1987) bedraagt de windsnelheid waarbij de *Culicoides* hun lokale vlucht staken ongeveer 8 km/uur. Het meevoeren met de wind wordt dan veroorzaakt ofwel door warme stijgende lucht ofwel door een opwaartse beweging van de mug zelf, terwijl de landing kan worden veroorzaakt door het stoppen van de vliegbeweging van de mug of door het wegvallen van de wind door weersveranderingen (Sellers, 1992) of door terreintopografie (Bishop *et al.*, 2000). De vestiging en vermeerdering van de vector en de eventuele ziekteoverdracht zijn dan afhankelijk van de lokale weersomstandigheden, een geschikt habitat en de aanwezigheid van het virus op de landingsplaats.

De levensverwachting van volwassen *Culicoides* muggen bedraagt slechts een twintigtal dagen. Vorst doodt de volwassen muggen en bijgevolg heeft temperatuur een effect op de densiteit en de verspreiding van de *Culicoides* populatie (Allingham, 1991; Ward, 1994a; Wittmann en Baylis, 2000). Er wordt aangenomen dat de virustransmissiecyclus onderbroken wordt bij een periode van koude, gekenmerkt door een maximumtemperatuur van 10° Celcius en een aanwezigheid van meer dan 100 dagen, dit is de langste viremische periode bij rundvee, voorkomt.

UITBREIDING VAN DE ZIEKTE

De voorbije jaren werd waargenomen dat zowel de noordelijke limiet van de vector in het mediterrane gebied (Mellor en Wittmann, 2002) als de zuidelijke limiet in Australië (Baldock, 2004) opschuift. In Europa is dit van groot belang omdat Europa Bluetongue vrij werd beschouwd tot vóór 1998. Sindsdien komt

de vector (en ook de ziekte) steeds meer noordwaarts voor. De meest noordelijke limiet bevindt zich momenteel op 43°15' noorderbreedte in Noord-Italië (Mellor en Wittmann, 2002). Vier mogelijke hypothesen zouden dit fenomeen kunnen verklaren:

- Als gevolg van de globale opwarming van de aarde is het geschikte habitat van de vector uitgebreid;
- Andere vectoren dan *C. imicola* verspreiden nu de ziekte in Europa;
- Andere gastheren zijn betrokken bij de transmissiecyclus;
- De vector of het virus kent een tot nu toe niet-geïdentificeerd overwinteringsmechanisme en kan overleven in koudere gebieden.

Hoewel de vier hypothesen afzonderlijk worden vermeld, is het zeer waarschijnlijk dat een combinatie van deze factoren de uitbreiding van BTV in Europa kan verklaren.

De globale opwarming van de aarde

Jonsson en Reid (2000) verwittigen dat een globale opwarming van het aardoppervlak, indien ze doorgaat zoals voorspeld werd, grote gevolgen kan hebben op de wereldwijde patronen van ziekteverspreiding. Ze vermelden dat vooral door antropoden overgedragen ziektes een grote uitbreiding zullen kennen.

Standfast en Muller (1989) maakten gebruik van het CLIMEX-model om de mogelijke veranderingen te voorspellen van het *Culicoides* habitat bij een toename van 20% zomerregenval en een toename van de temperatuur met 3° Celsius. Gebruikmakend van het voorspellend model opgesteld door Ward (1994b) vonden ze later dat deze klimaatwijziging een toename van de ziekteprevalentie van BTV van 7% naar 45% zou veroorzaken.

Het risico van deze klimaatverandering en de effecten ervan op de vee-industrie in Groot-Brittannië werden geanalyseerd door Wittmann en Baylis (2000). Als de globale temperatuur toeneemt dan zal *C. imicola*, die zich nu enkel ophoudt in het zuiden van Europa, zich nog meer noordwaarts vestigen. Het is echter onwaarschijnlijk dat ze zich zou vestigen in bijvoorbeeld Groot-Brittannië. Volgens deze theoretische analyse van Wittmann en Baylis (2000) kunnen het BTV en andere virussen in contact komen met andere en eventueel eveneens competente *Culicoides* soorten als de verspreiding noordwaarts blijft verdergaan. Eénmaal deze soorten de transmissie hebben overgenomen, kunnen ze het virus over een groot deel van Europa, inclusief Groot-Brittannië, verspreiden. Bovendien zou door de klimaatverandering eventueel

de vectorcompetentie toenemen waardoor de kans dat de vector van het ene seizoen op het andere kan overleven, vergroot. Een bijkomend risico is het ontstaan van nieuwe vectorsoorten omdat de te verwachten toename van hittegolven kan bijdragen tot het verwerven van een voldoende hoge vectoriële capaciteit. Wittmann *et al.* (2002) toonden inderdaad aan dat een toenemende temperatuur de transmissie van BTV bij *Culicoides sonorensis* beïnvloedt. De transmissiecapaciteit van de vector voor twee serotypen van BTV (BTV 10 en BTV 16) nam toe bij een hogere temperatuur, omdat, hoewel de vectoriële overleving gereduceerd was, deze kortere levensduur ruimschoots werd gecompenseerd door de kortere extrinsieke incubatieperiode.

Koslowsky *et al.* (2004) voerden een risicoanalyse uit van de verspreiding van de ziekte gedurende de zomerperiode in Duitsland. Hoewel Duitsland Blue-tonguevrij is, onderzochten ze wat de effecten van het importeren van seropositief vee zouden kunnen zijn. Ze gingen ervan uit dat de hogere temperatuur de vectorcapaciteit van lokale soorten inderdaad verhoogt en dat ziekte-uitbraken mogelijk zijn in hete zomers. Gebruikmakend van isothermen werden drie risicogebieden afgeleid: Baden-Württemberg, Hessen en Rheinland-Pfalz.

ANDERE VECTOREN

Onafgezien van mogelijke klimaatveranderingen is het ontstaan van nieuwe vectorsoorten reëel. Andere vectoren naast *C. imicola* kunnen tevens een oorzaak van de ziekteverspreiding in Europa zijn. In het zuiden van Bulgarije, in Noord-Oost Griekenland en in West-Turkije worden voornamelijk *C. obsoletus* en *C. pulicaris* verdacht. In deze gebieden blijkt uit vangstresultaten en modellering dat deze twee soorten zeer talrijk aanwezig zijn terwijl het habitat voor *C. imicola* ongeschikt is en dat deze laatste dan ook afwezig is. Het is dus zeer waarschijnlijk dat de twee nieuwe vectorsoorten de ziekte in deze regio verspreiden (Baylis *et al.*, 2001).

Baldet *et al.* (2003) hebben een studie opgezet in Corsica waar *C. imicola* voor het eerst werd aangehouden in 2000. Er werden vaccinatiecampagnes georganiseerd en er werd een netwerk opgericht waarin zowel de vectoren op het eiland als deze op het vasteland bestudeerd worden. Uit de vangstresultaten van de vallen blijkt dat, hoewel *C. imicola* de hoofdvector is, deze slechts 18% uitmaakt van het totaal aantal gevangen

specimen. Anderzijds maakt *C. newsteadi* 26% van de vangsten uit.

In hetzelfde jaar publiceerden Caracappa *et al.* (2003) resultaten van een entomologisch en serologisch controlenetwerk in Sicilië. Zij bemerkten dat er uitbraken in 2002 plaatsvonden zonder dat *C. imicola* werd aangetroffen. In deze gebieden werd echter vooral RNA geïsoleerd uit *C. pulicaris* stalen, wat er kan op wijzen dat *C. pulicaris* als een competente vector voor BTV kan optreden en dat, in de afwezigheid van *C. imicola*, dit de dominante soort kan zijn.

Overwinteringsmechanisme

Tot voor kort werd aangenomen dat de virustransmissiecyclus werd onderbroken indien er een koude periode van langer dan 100 dagen aanwezig was. Nochtans kan in bepaalde gebieden zowel BTV als Afrikaanse paardenziekte overleven gedurende de winter, en dit bij afwezigheid van de adulten. Takamatsu *et al.* (2003) hebben nu bewijsmateriaal geleverd dat BTV kan overleven in afwezigheid van de vector in de huid van de gastheer. Dit zal in acht moeten worden genomen wanneer Bluetonguevrije zones worden afgelijnd.

VECTORCONTROLE

Mellor en Wittmann (2002) vermelden de mogelijke strategieën die kunnen gebruikt worden om de vector te beheersen:

- Verandering van veeteeltmethoden: vermits de vector voornamelijk actief is gedurende zonsopgang en zonsondergang, kan het houden van rundvee en schapen binnenshuis de bijtfrequentie verminderen. Daarenboven blijkt dat de vector een voorkeur heeft voor rundvee, en dat de combinatie van rundvee en schapen zou kunnen vermijden dat de schapen worden gebeten door de muggen. Anderzijds zorgt deze praktijk er niet voor dat de virustransmissiecyclus wordt verbroken. Deze maatregel wordt doorgaans dan ook niet aangeraden.
- Vectorcontrole *senso stricto*: vermits vectoreradatie onmogelijk is, is het algemene doel de basisreproductieve ratio lager dan 1 te houden om de populatiedichtheid laag te houden. Mogelijke controlemaatregelen zijn dan: het onbruikbaar maken van het habitat, het verdelgen van volwassen muggen of larven of het gebruik van repellents.
- Vaccinatie: vaccinatie is de enige maatregel die op grote schaal wordt gebruikt om uitbraken te voorkomen. Enkel de geattenueerde vaccins vertonen een

goede efficiëntie en het zijn de enige die courant op het terrein worden gebruikt. Monovalente vaccins geven een betere en langere respons dan polyvalente, maar vereisen een voorafgaande typering van het virus. Infecties met één serotype komen in de praktijk enkel voor in epidemische situaties en daarom worden op het terrein meestal polyvalente vaccins gebruikt. Er wordt jaarlijks gevaccineerd. In sommige streken van Zuid-Afrika waar veel verschillende serotypen voorkomen, worden de dieren jaarlijks gevaccineerd met drie verschillende cocktails van vijf serotypen. Tussen de vaccinaties ligt een periode van drie weken. Het grootste nadeel van de vaccinatiecampagnes is dat men geen onderscheid kan maken tussen natuurlijk besmette dieren, dus mogelijke dragers, en de gevaccineerde dieren. Daarnaast mag men geen oöien vaccineren die zich in de eerste helft van de dracht bevinden, wegens mogelijke teratogene effecten van het virus op de hersenen van het dier. Lammeren van geïnoculeerde oöien hebben een effectieve colostrale immuniteit en kunnen gedurende die periode niet geïmmuniseerd worden met het vaccin waardoor ze zes maanden later toch gevoelig kunnen zijn voor de ziekte. Ook een voorbijgaande fertiliteitsvermindering komt voor bij oöien en rammen net na de inoculatie. Vermits het om een geattenuerd vaccin gaat, zijn de transmissie van het virus door de vector naar niet-immune dieren en een daaropvolgende terugkeer van de virulentie niet ondenkbaar. Tenslotte is er geen of geen volledige kruisimmuniteit tussen de verschillende serotypen, waardoor ofwel het serotype vooraf moet bepaald worden, ofwel gevaccineerd moet worden met mengvaccins van verschillende serotypen die minder goede immuniteit geven. Het enige commerciële vaccin dat momenteel verkrijgbaar is, wordt geproduceerd door het Onderstepoort Veterinary Instituut in Zuid-Afrika.

HET IN KAART BRENGEN VAN VECTOR EN ZIEKTE

Kartering van prevalentie, incidentie, seroconversie en potentiële distributie

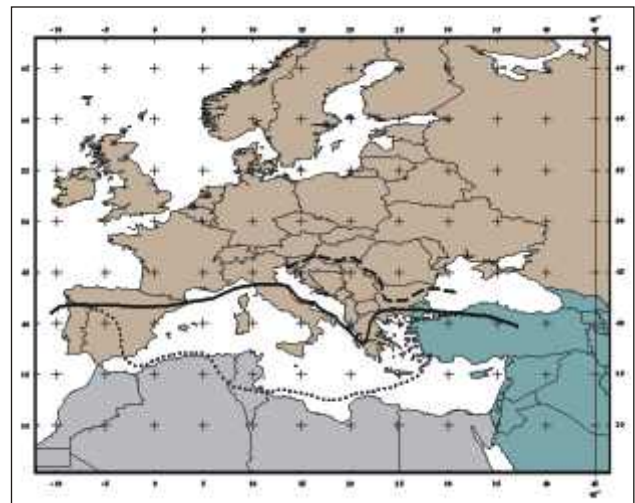
Het doel bij kartering en modellering is de verspreiding van de vectoren te begrijpen en te voorspellen met behulp van ecologische en klimatologische factoren. Hay (2000) geeft een overzicht van het gebruik van dergelijke factoren binnen de epidemiologie en de humane geneeskunde. Tot op heden worden voornamelijk datalagen met een resolutie van acht tot

één km gebruikt als onafhankelijke variabelen in multivariate modellen om de distributiepatronen van vectoren te modelleren. Hiertoe worden vooral logistische regressie en discriminantanalyse gebruikt. Hoewel deze technieken hun nut hebben bewezen binnen de epidemiologie, zijn ze in essentie empirische en statische modellen waardoor de toepasbaarheid beperkt blijft, aangezien extrapolatie naar de biologische werkelijkheid niet altijd even evident is. Een overzicht van de bestaande technieken van de kartering van *Culicoides* wordt hieronder weergegeven.

Gebruik van meteorologische gegevens

Wright *et al.* (1993) waren de eersten die aan de hand van eco-klimatologische gegevens de potentiële distributie van *Culicoides* in kaart hebben gebracht bij kudde vee in Alabama, Verenigde Staten. De relatie tussen weersvariabelen en de seroconversie in een kudde vee werd opgesteld aan de hand van verschillende regressiemodellen. In deze modellen werden de variabelen toegevoegd met een stapsgewijze regressie. Bij multicolineariteit werden de gecorrleerde variabelen uitgesloten. De onafhankelijke veranderlijken werden berekend voor elk van de vier weekperiodes voorafgaand aan de bloedafname. Het model met de hoogste determinatiecoëfficiënt had als onafhankelijke veranderlijken het gemiddeld aantal dagelijkse uren dauw op de vegetatie en de regenval twee weken vóór het verzamelen van bloedstalen.

Ward (1994b) trachtte de prevalentie van BTV in kudde vee in Queensland, Australië te linken aan 18 geschatte klimatologische variabelen voor elke kudde. Het model dat er het best in slaagde de variabiliteit in de ziekteprevalentie te verklaren, bevatte als predictoren de gemiddelde dagelijkse temperatuur en de gemiddelde jaarlijkse regenval. Deze relatie kon 40% van de variabiliteit in de data verklaren. Vooral temperatuur was hiervoor van groot belang. Regenval was minder belangrijk en volgens Ward komt dit omdat de muggen het vocht voor de broedplaatsen ook kunnen halen uit andere bronnen dan regenval (bijvoorbeeld bij drinkplaatsen van vee). De kwadratische relatie tussen de prevalentie en de klimatologische factoren kon biologisch worden verklaard vermits bij hogere temperaturen de overlevingsratio's verminderden. Toch kan voor dit model gesteld worden dat er geen hoge associatie bestaat tussen de predictoren en de kuddeprevalentie, wat erop wijst dat andere variabelen zeker ook van belang zijn bij de voorspelling van prevalentie.



Figuur 1. Verspreiding van *Culicoides imicola* en van Bluetonguehaarden rond het Middellandse Zee gebied. **Puntlijn:** noordelijke grens van de verspreiding van *C. imicola* en de ziekten die ze overdroegen vóór 1991. **Vollelijn:** huidige noordelijke grens van de verspreiding van *C. imicola*. **Streepjes lijn:** huidige noordelijke grens van Bluetongue-uitbraken buiten het distributiegebied van *C. imicola*.

Ward en Thurmond (1995) modelleerden hierna het risico op seroconversie voor BTV met behulp van de survivalanalyse. De associatie tussen het risico op seroconversie en de significante klimatologische variabelen uit de vorige studie werd geschat. Na een stapsgewijze regressie bleek dat bijna 100% van de gevallen seropositief tegen BTV in verband gebracht konden worden met klimatologische omstandigheden in de herfst en in de vroege winter. De seroconversie volgde de klimatologische wijzigingen op met een zeker tijdsinterval en dit is waarschijnlijk te wijten aan het effect van temperatuur en regenval op de *Culicoides* populatiedynamiek. In laatste instantie determineerde Ward (1996) de incidentie van BTV-infectie met opnieuw dezelfde variabelen en aan de hand van de regressieanalyse. De ratio tussen de minimum- en maximumtemperatuur, zowel een maand als zes maanden vóór de seroconversie, en de regenval, twee en zes maanden vóór de seroconversie, kon meer dan 90% van de variabiliteit verklaren, wat een significante verbetering tegenover de eerder geformuleerde modellen was. Ward en Carpenter (1996) simuleerden op basis van dit laatste model het effect van de klimatologische wijziging op BTV-infectie. De simulatie werd doorlopen tot een evenwicht werd bereikt, dit is tot de ziekteprevalentie niet langer significant veranderde. Dit kwam voor na ongeveer 25-30 gesimuleerde jaren. Eénmaal het evenwicht bereikt was, werd de berekende prevalentie vergeleken met de waargenomen prevalentie binnen de kudde en bleek

er geen statisch significant verschil tussen de waarden aanwezig te zijn. In een laatste fase werd een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd door de klimaatsfactoren te veranderen en hieruit bleek dat het model een hoge precisie bezat en dat het dus uitermate geschikt was voor het gebied waarvoor het werd ontworpen. Anderzijds bleken de resultaten niet veralgemeend te kunnen worden zoals bleek uit de modelresultaten in nabijgelegen studiegebieden.

Het gebruik van gegevens afgeleid uit satellietbeelden

Het is mogelijk om een aantal weersvariabelen, zoals temperatuur, en variabelen omtrent landbedekking te schatten met behulp van satellietbeelden. Hay *et al.* (1996) geven een overzicht van welke surrogaatvariabelen, afgeleid uit satellietbeelden, kunnen gebruikt worden om meteorologische gegevens te vervangen voor studies van de verspreiding en densiteit van antropode ziektevectoren.

Baylis *et al.* (1998) modelleerden het aantal en de distributie van *C. imicola* in Zuid-Afrika. In het eerste model werden enkel weersvariabelen gebruikt terwijl in het tweede model naast de meteorologische gegevens ook gegevens afgeleid uit satellietbeelden werden gebruikt. Het eerste model toonde dat de gemiddelde dagelijkse temperatuur kan worden gebruikt als enige predictor voor het aantal *Culicoides* maar de determinatiecoëfficiënt van dit model was laag (34%). Het toevoegen van de afgeleide satellietvariabelen verbeterde dit model significant (determinatiecoëfficiënt van 67%). De twee variabelen die voor het model werden weerhouden, waren de minimumlandoppervlaktetemperatuur geschat met behulp van de Price-index uit de satellietbeelden (Price, 1984) en de genormaliseerde differentiële vegetatieindex (NDVI). Deze laatste maat is een index voor de biomassa en kan worden gerelateerd aan de bodemvochtigheid.

De recente uitbraken van BTV in Europa zorgden voor een extra stimulans voor onderzoek naar de (potentiële) vectordistributie binnen Europa. Dit onderzoek werd gestart door Wittmann *et al.* (2001) die de kans van het voorkomen van de vector modelleerden op basis van een bestaande dataset van Rawlings en Mellor (1994). In het uiteindelijke logistische regressiemodel werden drie temperatuurvariabelen weerhouden als predictoren. Nadien werd nagegaan wat het effect van een temperatuurstijging in Europa van ongeveer 2°C op de verspreiding van de vector zou zijn omdat een toename van 1,5°C tot 3°C wordt geprojecteerd voor het jaar 2010 (Jonsson en Reid,

2000). Na deze simulatie bleek het habitat zeer sterk toe te nemen: Spanje en zuidelijk Frankrijk bijvoorbeeld kwamen onder grote druk te staan. Baylis *et al.* (2001) gebruikten dezelfde methode als in Zuid-Afrika om de dichtheid van de vector in het mediterrane gebied te voorspellen. Hieruit bleek dat met behulp van de jaarlijkse cyclus van de biomassa (geschat met behulp van de NDVI) de hoogste determinatiecoëfficiënt werd bereikt. In sommige gebieden bleek dit model echter afwezigheid van de vector te voorspellen terwijl uit vangsten bleek dat deze wel degelijk aanwezig was. Dit was ondermeer het geval in Corsica. Het model werd ook gevalideerd in Portugal waar een entomologisch netwerk werd uitgetekend. Het land werd verdeeld in een grid met 45 cellen. In elke cel werden twee boerderijen gekozen en per boerderij werden er in de zomer gedurende twee opeenvolgende dagen stalen genomen. De grootste vangsten per cel werden daarna vergeleken met de resultaten van het model en een goede kwalitatieve overeenkomst werd gevonden. Een meer kwantitatieve analyse werd echter niet uitgevoerd.

Zowel Calistri *et al.* (2003) als Conte *et al.* (2003) zetten het onderzoek voort in Italië. Calistri *et al.* (2003) gebruikten opnieuw weersvariabelen die werden geïnterpoleerd tussen de meteorologische stations om een continue kaart te bekomen, en vergeleken de resultaten met die van Wittmann *et al.* (2001). Ze vonden dat de voorspellingen niet steeds de realiteit weergaven maar dat hun model de data wel beter benaderde.

Conte *et al.* (2003) wendden opnieuw satellietgegevens aan en kwamen tot dezelfde conclusie als Calistri *et al.* (2003) omtrent de geschiktheid van het model van Wittmann *et al.* (2001). Ze vonden daarnaast dat de hoogte boven zeeniveau een limiterende factor voor de vector was en de hoogte een surrogaatvariabele kon zijn voor temperatuur. Later vermeldden ze wel dat er geen consensus bestond over wat de maximumhoogte voor het voorkomen van de vector is. Enerzijds postuleert Sellers (1992) dat *Culicoides* niet kunnen overleven bij een hoogte hoger dan 1500 meter, terwijl Conte *et al.* (2003) de bovenlimiet op 1170 meter plaatsen. Ze geven dan ook toe dat niet de lagere temperatuur maar vooral de verminderde habitatgeschiktheid een effect op de aanwezigheid van de vector heeft. Immers, als de hoogte toeneemt, neemt ook de helling toe. Hierdoor is er te weinig stilstand water zodat er ook geen broedplaatsen meer zijn.

Het in kaart brengen van de verspreiding

Hoewel een groot aantal auteurs vermeldt dat windrichting en windsnelheid van belang zijn voor de langeafstandsverspreiding van de vector, is er weinig onderzoek naar de invloed van deze factoren gebeurd. Braverman en Chechik (1996) geven enkel een kwalitatieve beschrijving van de argumenten pro en contra windverspreiding. Murray en Kirkland (1995) en Bishop *et al.* (2000) vonden tevens dat de gedetecteerde Bluetongue-infectie van vee in centraal New South Wales en langs de kust van New South Wales in 1989 veel meer zuidwaarts lag dan normaal werd verwacht. Ze toonden opnieuw enkel kwalitatief bewijsmateriaal dat de hypothese dat *C. brevitarsis* zich via wind had verspreid buiten het endemisch gebied, ondersteunt. Bishop *et al.* (2000) probeerden deze verspreiding tevens kwantitatief te modelleren en ze onderzochten de verspreiding van de vector na de winterperiode vanuit een endemisch gebied. Hun eerste model toonde aan dat de verspreiding kon worden verklaard door de afstand tot kerngebieden net binnen het endemisch gebied, terwijl hun tweede model aan toonde dat de beweging van de vector afhankelijk was van zowel de temperatuur als de windsnelheid vanuit noordelijke en oostelijke richting. Hun preliminaire gegevens suggereerden tenslotte ook een relatie tussen de densiteit van de vector in de endemische gebieden en de maximumafstand die de vector kan afleggen binnen een bepaald jaar. Er moet tenslotte worden opgemerkt dat de verspreiding van de vector buiten het endemische gebied niet noodzakelijkerwijs gepaard gaat met een verspreiding van de ziekte zelf.

CONCLUSIE EN TOEKOMSTPERSPECTIEVEN

De verspreiding van de vector van het Bluetongue-virus werd reeds in verschillende studies onderzocht met behulp van regressietechnieken. Deze modellen blijven echter empirisch, zoals duidelijk naar voor komt wanneer de verschillende modellen worden vergeleken met elkaar over een bepaald gebied. De modellen moeten ook steeds aangepast worden om een continue distributie over de tijd te kennen.

Onderzoek naar het gebruik van informatie afgeleid uit satellietbeelden heeft er reeds voor gezorgd dat de aanpassing van de bestaande modellen gemakkelijker verloopt dan voorheen maar toch blijven deze modellen statisch omdat ze slechts voor een bepaalde toestand worden opgesteld.

Het is dan ook interessant om na te gaan hoe gegevens, zoals windsnelheid en windrichting (eventueel

afgeleid uit satellietbeelden), kunnen bijdragen tot de modellering van de effectieve verspreiding van de vector. Hiertoe kan een onderscheid worden gemaakt tussen de langeafstandsverspreiding van de vector door wind en de lokale verspreiding van de vector in potentieel geschikte habitats na het landen van de vector.

ERKENNING

Dit project wordt gefinancierd onder contractnummer SR/03/33 door Federaal Wetenschapsbeleid.

LITERATUUR

- Allingham PG. (1991). Effect of temperature on late immature stages of *Culicoides brevitarsis* (Diptera: Ceratopogonidae). *Journal of Medicine en Entomology* 28, 878-881.
- Baldet T, Delecolle JC, Mathieu B, De La Rocque S. (2003) Entomological surveillance of blue-tongue in 2002 in France. *OIE Bluetongue international symposium 14*, 2003.
- Baylis M, Bouayoune H, Touti J, Elhasnaoui H. (1998). Use of climatic data en satellite imagery to model the abundance of *Culicoides imicola*, the vector of African horse sickness virus, in Morocco. *Medical en Veterinary Entomology* 12, 255-266.
- Baylis M, Mellor PS, Wittmann EJ, Rogers DJ. (2001). Prediction of areas around the Mediterranean at risk of bluetongue by modelling the distribution of its vector using satellite imaging. *The Veterinary Record* 149, 639-643.
- Bishop AL, Barchia IM, Spohr LJ. (2000). Models for the dispersal in Australia of the arbovirus vector, *Culicoides brevitarsis* Kieffer (Diptera: Ceratopogonidae). *Preventive Veterinary Medicine* 47, 243-254.
- Bonneau KR, DeMaula CD, Mullens BA, MacLachlan NJ. (2002). Duration of viraemia infectious to *Culicoides sonorensis* in bluetongue virus-infected cattle en sheep. *Veterinary Microbiology* 88, 115-125.
- Braverman Y, Chechik F. (1996). Air streams en the introduction of animal diseases borne on *Culicoides* (Diptera, Ceratopogonidae) into Israel. *Revue Scientifique Technique OIE* 15, 1037-1052.
- Braverman Y, Messaddeq N, Lemble C, Kremer M. (1996). Reevaluation of the taxonomic status of the *Culicoides* spp (Diptera: Ceratopogonidae) from Israel en the eastern Mediterranean en review of their potential medical en veterinary importance. *Journal of the American Mosquito Control Association* 12, 437-445.
- Calistri P, Goffredo M, Caporale V, Meiswinkel R. (2003). The distribution of *Culicoides imicola* in Italy: Application en evaluation of current Mediterranean models based on climate. *Journal of Veterinary Medicine Series B-Infectious Diseases en Veterinary Public Health* 50, 132-138.

- Caracappa S, Torina A, Guercio A, Vitale F, Calabro A, Purpari G, Ferrantelli V, Vitale M, Mellor PS. (2003). Identification of a novel bluetongue virus vector species of *Culicoides* in Sicily. *The Veterinary Record* 153, 71-74.
- Conte A, Giovannini A, Savini L, Goffredo M, Calistri P, Meiswinkel R. (2003). The effect of climate on the presence of *Culicoides imicola* in Italy. *Journal of Veterinary Medicine Series B-Infectious Diseases en Veterinary Public Health* 50, 139-147.
- Hay SI. (2000). An overview of remote sensing and geodesy for epidemiology en public health application. *Advances in Parasitology* 47, 1-35.
- Hay SI, Tucker CJ, Rogers DJ, Packer MJ. (1996). Remotely sensed surrogates of meteorological data for the study of the distribution and abundance of arthropod vectors of disease. *Annals of Tropical Medicine en Parasitology* 90, 1-19.
- Jonsson NN, Reid SWJ. (2000). Global climate change and vector borne diseases. *Veterinary Journal* 160, 87-89.
- Koslowsky S, Staubach C, Kramer M, Wieler LH. (2004). Risk assessment of Bluetongue Disease incursion into Germany using geographic information system (GIS). *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift* 117, 214-225.
- Koumbati M, Mangana O, Nomikou K, Mellor PS, Papadopoulos O. (1999). Duration of bluetongue viraemia en serological responses in experimentally infected European breeds of sheep en goats. *Veterinary Microbiology* 64, 277-285.
- Mellor PS, Boorman J, Baylis M. (2000). *Culicoides* biting midges: Their role as arbovirus vectors. *Annual Review of Entomology* 45, 307-340.
- Mellor PS, Wittmann EJ. (2002). Bluetongue virus in the Mediterranean Basin 1998-2001. *Veterinary Journal* 164, 20-37.
- Murray MD. (1987). Akabane Epizootics in New South-Wales - Evidence for Long-Distance Dispersal of the Biting Midge *Culicoides-Brevitarsis*. *Australian Veterinary Journal* 64, 305-308.
- Murray MD, Kirkland PD. (1995). Bluetongue and Douglas Virus Activity in New South Wales in 1989 - Further Evidence for Long Distance Dispersal of the Biting Midge *Culicoides-Brevitarsis*. *Australian Veterinary Journal* 72, 56-57.
- Office International des Epizooties. Terrestrial Animal Health Code. 12th edition. (2003). Office International des Epizooties.
- Price JC. (1984). Len Surface-Temperature Measurements from the Split Window Channels of the Noaa-7 Advanced Very High-Resolution Radiometer. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres* 89, 7231-7237.
- Rawlings P, Mellor PS. (1994). African Horse Sickness and the Overwintering of *Culicoides* spp in the Iberian Peninsula. *Revue Scientifique Technique OIE* 13, 753-761.
- Sellers RF. (1992). Weather, *Culicoides* and the distribution and spread of Bluetongue and African Horse Sickness viruses. In: Walton TE, Osburn BI. (Editors). *Bluetongue, African Horse Sickness and related orbiviruses*. Boca Raton: CRC Press. p 284-290.
- Stenfast HA, Muller MJ. (1989). Bluetongue in Australia - An Entomologists View. *Australian Veterinary Journal* 66, 396-397.
- Tabachnick WJ, Robertson MA, Murphy KE. (1996). *Culicoides variipennis* and bluetongue disease - Research on arthropod-borne animal diseases for control en prevention in the year 2000.
- Takamatsu H, Mellor PS, Mertens PPC, Kirkham PA, Burroughs JN, Parkhouse RME. (2003). A possible overwintering mechanism for bluetongue virus in the absence of the insect vector. *Journal of General Virology* 84, 227-235.
- Tessaro SV, Clavijo A. (2001). Duration of bluetongue viraemia in experimentally infected American bison. *Journal of Wildlife Diseases* 37, 722-729.
- Ward MP. 1994a. Climatic Factors Associated with the Prevalence of Bluetongue Virus-Infection of Cattle Herds in Queensland, Australia. *The Veterinary Record* 134, 407-410.
- Ward MP. (1994). The Use of Discriminant-Analysis in Predicting the Distribution of Bluetongue Virus in Queensland, Australia. *Veterinary Research Communications* 18, 63-72.
- Ward MP. (1996). Climatic factors associated with the infection of herds of cattle with bluetongue viruses. *Veterinary Research Communications* 20, 273-283.
- Ward MP en Carpenter TE. (1996). Simulation modeling of the effect of climatic factors on bluetongue virus infection in Australian cattle herds .1. Model formulation, verification en validation. *Preventive Veterinary Medicine* 27, 1-12.
- Ward MP, Carpenter TE, Osburn BI. (1994). Host Factors Affecting Seroprevalence of Bluetongue Virus-Infections of Cattle. *American Journal of Veterinary Research* 55, 916-920.
- Ward MP, Thurmond MC. (1995). Climatic Factors Associated with Risk of Seroconversion of Cattle to Bluetongue Viruses in Queensland. *Preventive Veterinary Medicine* 24, 129-136.
- Wittmann EJ en Baylis M. (2000). Climate change: Effects on *Culicoides*-transmitted viruses and implications for the UK. *Veterinary Journal* 160, 107-117.
- Wittmann EJ, Mellor PS, Baylis M. (2001). Using climate data to map the potential distribution of *Culicoides imicola* (Diptera: Ceratopogonidae) in Europe. *Revue Scientifique Technique Oie* 20, 731-740.
- Wittmann EJ, Mellor PS, Baylis M. (2002). Effect of temperature on the transmission of orbiviruses by the biting midge, *Culicoides sonorensis*. *Medical Veterinary Entomology* 16, 147-156.
- Wright JC, Getz RR, Powe TA, Nusbaum KE, Stringfellow DA, Mullen GR, Lauerman LH. (1993). Model-Based on Weather Variables to Predict Seroconversion to Bluetongue Virus in Alabama Cattle. *Preventive Veterinary Medicine* 16, 271-278.